




PHOTOMULTIPLIER

Patent number: JP7245078
Publication date: 1995-09-19
Inventor: NAKAMURA KOJI; others: 02
Applicant: HAMAMATSU PHOTONICS KK
Classification:
- International: H01J43/26
- european:
Application number: JP19940035790 19940307
Priority number(s):

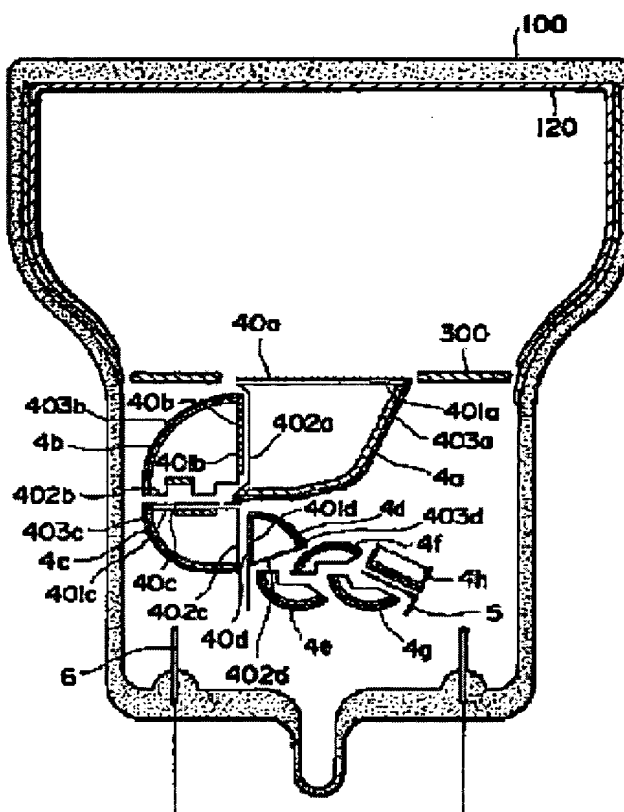
Also published as:

 EP0671757 (A1)
 US5598061 (A1)
 EP0671757 (B1)

Abstract of JP7245078

PURPOSE:To shorten a tube length, and improve high-gain and high-speed responsiveness by providing a front stage part comprising box-type dynodes, a connection stage dynode, and a back stage part comprising inline-type dynodes.

CONSTITUTION:In a vacuum container 100, a front stage part comprising box-type dynodes 4a-4c, a connection dynode 4d, and a back stage part comprising inline-type dynodes 4e-4g are disposed to compose electron multiplier parts 4a-4h. Between the last dynode 4h and the dynode 4g, an anode electrode 5 is disposed. Aluminum coating is applied to side walls of inner surfaces of the container 100, and by giving a specified voltage to this coating, light incidental from an upper end surface 100a is photo-converted at a photoelectric surface 120, thereby generated electrons can be collected through a joint grid 40a of the dynode 4a effectively.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-245078

(43) 公開日 平成7年(1995)9月19日

(51) Int.Cl.⁸

H 0 1 J 43/26

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平6-35790

(22) 出願日 平成6年(1994)3月7日

(71) 出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72) 発明者 中村 公嗣

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ
トニクス株式会社内

(72) 発明者 藤田 良雄

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ
トニクス株式会社内

(72) 発明者 大石 啓一

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ
トニクス株式会社内

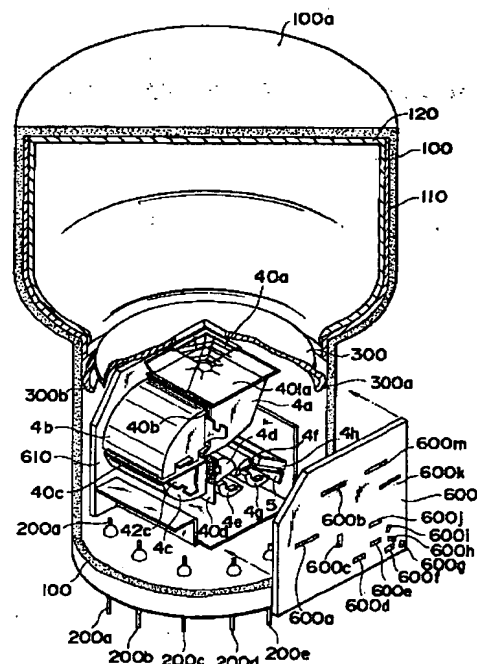
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 光電子増倍管

(57) 【要約】

【目的】 管長を短くするとともに高利得、高速応答特性に優れた光電子増倍管を提供する。

【構成】 本発明の光電子増倍管は、入射した光を光電変換して電子を放出する光電面120と、この電子を増倍する複数段のダイノード4a~4hを備えている。そして、光電面120から放出された電子が入射されるボックス型ダイノード4a~4cと、接続段ダイノード4dから放出された電子が入射されるインライン型ダイノード4e~4gとを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入射した光を光電変換して電子を放出する光電面と、内壁に二次電子放出面を有する複数段のダイノードから成る電子増倍部とを備えた光電子増倍管において、

前記電子増倍部は、

前記光電面に初段のダイノードの二次電子放出面が対向したボックス型ダイノードから成る前段部と、

インライン型ダイノードからなる後段部と、

湾曲した内壁が、前記前段部の最終段のダイノードの二次電子放出面および前記後段部の初段のダイノードの二次電子放出面の双方をのぞむように成されている接続段ダイノードと、を備えることを特徴とする光電子増倍管。

【請求項2】 入射した光を光電変換して電子を放出する光電面と、第1乃至第3段目のボックス型ダイノードと、複数段のインライン型ダイノードと、アノード電極と、前記3段目のボックス型ダイノードと前記インライン型ダイノードとの間に設けられた第4段目の接続段ダイノードとを備え、

前記第1段目のボックス型ダイノードは、

前記光電面に対向する第1電子入射用開口と、

この第1電子入射用開口に垂直な第1電子出射用開口と、

を有するとともに、

湾曲した内壁に第1の二次電子放出面を有し、

前記光電面から放出された電子が、前記第1電子入射用開口内を通過して前記第1の二次電子放出面に照射されて増倍され、前記第1電子出射用開口から放出されるように配置され、

前記第2段目のボックス型ダイノードは、

前記第1の二次電子放出面に対向する第2電子入射用開口と、

この第2電子入射用開口に垂直な第2電子出射用開口と、

を有するとともに、

湾曲した内壁に第2の二次電子放出面を有し、

前記第1の二次電子放出面から放出された電子が、前記第2電子入射用開口内を通過して前記第2の二次電子放出面に照射されて増倍され、前記第2電子出射用開口から放出されるように配置され、

前記第3段目のボックス型ダイノードは、

前記第2の二次電子放出面に対向する第3電子入射用開口と、

この第3電子入射用開口に垂直な第3電子出射用開口とを有するとともに、

湾曲した内壁に第3の二次電子放出面を有し、

前記第2の二次電子放出面から放出された電子が、前記第3電子入射用開口内を通過して前記第3の二次電子放出面に照射されて増倍され、前記第3電子出射用開口から

ら放出されるように配置され、

前記第4段目の接続段ダイノードは、

外壁が前記第1段目のボックス型ダイノードの外壁に対向して配置され、

前記第3の二次電子放出面に対向する第4電子入射用開口と、

この第4電子入射用開口と鋭角で交差する第4電子出射用開口と、

を有するとともに、

10 湾曲した内壁に第4の二次電子放出面を有し、

前記第3の二次電子放出面から放出された電子が、前記第4電子入射用開口内を通過して前記第4の二次電子放出面に照射されて増倍され、前記第4電子出射用開口から放出されるように配置され、

前記複数段のインライン型ダイノードは、

前記第3の二次電子放出面から前記第3電子出射用開口方向に連なって配置され、

前記第4の二次電子放出面から放出された電子が照射されて増倍されるよう配置され、

20 前記アノード電極は、

前記インライン型ダイノードで増倍された電子を収集するように配置されていることを特徴とする光電子増倍管。

【請求項3】 前記第4電子入射用開口の前記第1段目のボックス型ダイノードの外壁側の端部が、前記第3段目のボックス型ダイノードの第3電子入射用開口とこの第3電子入射用開口に対向する第3電子増倍面との最大離隔距離の7分の1乃至5分の1の距離だけ前記第3電子入射用開口を含む平面からこの第1段目のボックス型ダイノードの外壁から離れる方向へ離隔していることを特徴とする請求項2に記載の光電子増倍管。

30

【請求項4】 前記第4段目の接続段の第4電子増倍面の形状が円周面的一部分と、この円周面から第3電子出射用開口方向へ延びる平面とを複合した形状であることを特徴とする請求項3に記載の光電子増倍管。

【請求項5】 前記第1乃至第4電子入射用開口の少なくとも1つが、網状のグリッドをさらに備えていることを特徴とする請求項2に記載の光電子増倍管。

【請求項6】 前記第1電子入射用開口と前記光電面との間に前記光電面からの電子を前記第1電子入射用開口内に集束させる集束電極をさらに備えていることを特徴とする請求項5に記載の光電子増倍管。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、入射した光を光電変換して電子を放出する光電面と、この電子を増倍する複数段のダイノードを備えた光電子増倍管に関するものである。

【0002】

50 【従来技術】光電子増倍管は、入射した光を電子に変

換する光電面とこの電子を増倍するダイノードと電子を収集するアノードとを有しており、微弱光の検出に用いられている。従来、このような光電子増倍管としては、図7に示すインライン型のダイノードが知られている。そして、インライン型のダイノードはヘッドオン型光電子増倍管に用いられている。しかしながら、このようなインライン型のダイノードは、光電面からアノードまでの距離が長く、かかる光電子増倍管が大型化せざるを得なかった。そこで、このような要請に答えるべく、ボックス型の光電子増倍管とメッシュ型の光電子増倍管とを

【0003】

【発明が解決しようとする課題】この光電子増倍管は、平面構造のために時間特性の入射位置依存性が少なく、高磁場でも動作できる優れたものであるが、インライン型の光電子増倍管と比較すると応答速度は劣っていた。また、上記のようにメッシュ型のダイノードを用いた場合には、電子がメッシュの間を抜けるので($\eta=40\%$)、単位ダイノードあたりの利得が低く、十分な利得を得るためには10段のダイノードを必要としていた。

【0004】本発明はこのような問題に鑑みてなされたものであり、管の長さが短く、高利得、高速時間応答特性を有することができる光電子増倍管を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】以上の問題を解決するため、発明者らは、ダイノードの配置や形状を変化させて種々の光電子増倍管を作製した。そして、発明者らは、これら種々の光電子増倍管を比較検討することにより、電子の収集効率がよく、小型であって高利得、高速時間応答特性を有することができる光電子増倍管を作製できることを見出した。

【0006】すなわち、本発明は、入射した光を光電変換して電子を放出する光電面(120)と、内壁に二次電子放出面(403a~403h)を有する複数段のダイノードから成る電子増倍部とを備えた光電子増倍管を対象とするものである。そして、この電子増倍部は、光電面に初段のダイノード(4a)の二次電子放出面(403a)が対向したボックス型ダイノード(4a~4c)から成る前段部と、インライン(In-Line)型ダイノード(4d~4g)からなる後段部と、湾曲した内壁(403d)が、前段部の最終段のダイノードの二次電子放出面(403c)および後段部の初段のダイノードの二次電子放出面(403e)の双方をのぞむように成されている接続段ダイノード4dとを具備することとした。

【0007】さらに詳細には、この光電子増倍管の前段部は第1~第3段目のボックス型ダイノード(403a~403d)から構成することとし、後段部は複数段の

インライン型ダイノード(4d~4g)と、アノード電極(5)とから構成し、接続段ダイノード(4d)は3段目のボックス型ダイノード(4c)とインライン型ダイノード(4e)との間に設けられた第4段目の接続段ダイノード(4d)から構成することにした。すなわち、第1段目のボックス型ダイノード(4a)は、光電面(120)に対向する第1電子入射用開口(401a)と、の第1電子入射用開口(401a)に垂直な第1電子出射用開口(402a)とを有するとともに、湾曲した内壁に第1の二次電子放出面(403a)を有し、光電面(120)から放出された電子が、第1電子入射用開口(401a)内を通過して第1の二次電子放出面(403a)に照射されて増倍され、第1電子出射用開口(402a)から放出されるように配置されている。

【0008】また、第2段目のボックス型ダイノード(4b)は、第1の二次電子放出面(403a)に対向する第2電子入射用開口(401b)と、この第2電子入射用開口(401b)に垂直な第2電子出射用開口(402b)とを有するとともに、湾曲した内壁に第2の二次電子放出面(403b)を有し、第1の二次電子放出面(403a)から放出された電子が、第2電子入射用開口(401b)内を通過して第2の二次電子放出面(403b)に照射されて増倍され、第2電子出射用開口(402b)から放出されるように配置されている。

【0009】第3段目のボックス型ダイノード(4c)は、第2の二次電子放出面(403b)に対向する第3電子入射用開口(401c)と、この第3電子入射用開口(401c)に垂直な第3電子出射用開口(402c)とを有するとともに、湾曲した内壁に第3の二次電子放出面(403c)を有し、第2の二次電子放出面(403b)から放出された電子が、第3電子入射用開口(401c)内を通過して第3の二次電子放出面(403c)に照射されて増倍され、第3電子出射用開口(402c)から放出されるように配置されている。

【0010】第4段目の接続段ダイノード(4d)は、外壁が第1段目のボックス型ダイノード(4a)の外壁に対向して配置され、第3の二次電子放出面(403c)に対向する第4電子入射用開口(401d)と、この第4電子入射用開口(401d)と鋭角で交差する第4電子出射用開口(402d)とを有するとともに、湾曲した内壁に第4の二次電子放出面(403d)を有し、第3の二次電子放出面(403c)から放出された電子が、第4電子入射用開口(401d)内を通過して第4の二次電子放出面(403d)に照射されて増倍され、第4電子出射用開口(402d)から放出されるように配置されている。

【0011】複数段のインライン型ダイノード(4e~4g)は、第3の二次電子放出面(403c)から第3

10

20

30

40

50

電子出射用開口(402c)方向に連なって配置され、第4の二次電子放出面(403d)から放出された電子が照射されて増倍されるように配置されている。

【0012】アノード電極(5)は、インライン型ダイノード(4E~4G)で増倍された電子を収集するように配置されている。

【0013】

【作用】本発明の光電子増倍管によれば、まず、光電面から放出された電子が前段部に入射されることによりこの電子が増倍され、前段部から放出された電子は接続段ダイノードに入射して後段部に放出される。この後段部はインライン型ダイノードから構成されることとしてあるので本光電子増倍管は、高速特性を保持することができ、また、前段部はボックス型のダイノードを備えているので高利得特性を有することができる。

【0014】詳細に説明すれば、まず、光電面に入射された光は光電変換され、光電面から放出された電子はこの光電面に対向して配置された第1電子入射用開口を介して第1段目のボックス型ダイノードの第1の二次電子放出面に照射される。第1の二次電子放出面では照射された電子を増倍して第1電子出射用開口から放出する。

【0015】次に、第1の二次電子放出面から放出された電子は、これに対向する第2電子入射用開口を介して第2段目のボックス型ダイノードの第2の二次電子放出面に照射される。第2の二次電子放出面では照射された電子を増倍して第2電子出射用開口から放出する。

【0016】しかる後、第2の二次電子放出面から放出された電子は、これに対向する第3電子入射用開口を介して第3段目(奇数段目)のボックス型ダイノードの第3の二次電子放出面に照射される。第3の二次電子放出面では照射された電子を増倍して第3電子出射用開口から放出する。

【0017】そして、この電子は外壁が第1段目のボックス型ダイノードの外壁に対向して配置された第4段目の接続段ダイノードの第4電子入射用開口を介して第4の二次電子放出面に照射される。第4の二次電子放出面では照射された電子を増倍して第4電子出射用開口から放出する。ここで、放出された電子は第4電子入射用開口と鋭角で交差する第4電子出射用開口から出射されることとしてあるので、効率よく第3の二次電子放出面から第3電子出射用開口方向に連なって配置された複数段のインライン型ダイノードに電子を導入することができる。インライン型ダイノードでは導入された電子を増倍し、ここで増倍された電子はアノード電極で収集される。

【0018】なお、これらの光電面およびダイノードは真空容器内に配置されており、各ダイノードには真空容器を貫通するリードピンを介して、後段になるほど高い電位が与えられるようにしてある。

【0019】また、第4段目の接続段ダイノードが第3

段目のボックス型ダイノードから効率よく電子を収集するとともに、後段のインライン型ダイノード部に効率よく放出するするためのさらに具体的構成は、第4電子入射用開口の第1段目のボックス型ダイノードの外壁側の端部が、第3段目のボックス型ダイノードの第3電子入射用開口とこの第3電子入射用開口に対向する第3電子増倍面との最大離隔距離の7分の1乃至5分の1の距離だけ第3入射用開口を含む平面からこの第1段目のボックス型ダイノードの外壁から離れる方向へ離隔していることが望ましい。そして、上記効率を改善する観点からはこの距離が最大離隔距離の6分の1であることが最も望ましい。

【0020】さらに、このような距離を有して第4電子入射用開口の端部が離隔している場合においては、第4段目の接続段ダイノードの第4電子増倍面の形状が円周面的一部分と、この円周面から第3電子出射用開口方向へ延びる平面とを複合した形状であることが望ましい。すなわち、この第4段目の接続段型ダイノードは後段のダイノードの電位が染み込みやすい構造としてある。なお、本光電子増倍管は、第1乃至第4電子入射用開口の少なくとも1つが、網状のグリッドをさらに備えていることとして、第1電子入射用開口と光電面との間に光電面からの電子を第1電子入射用開口内に集束させる集束電極をさらに備えていることとすれば本光電子増倍管の利得を向上させるとともに検出感度を改善することができる。

【0021】

【実施例】以下、本発明に係る一実施例の光電子増倍管を添付図面を用いて説明する。なお、同一要素には同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

【0022】図1は、本発明に係る光電子増倍管を一部破断して示すととともに、側壁600を外して示す展開斜視図である。

【0023】ガラス製の真空容器100内には、ボックス型のダイノード4a~4cからなる前段部と接続段ダイノード4dとインライン型のダイノード4e~4gからなる後段部が配置されており、電子増倍部4a~4hを構成している。そして、この電子増倍部4e~4hの最終ダイノード4hとダイノード4gとの間にはアノード電極が配置されている。真空容器100の上端面100aには、光電面120が形成されており、この光電面120と第1段目のダイノード4aの電子入射用開口とは対向して配置されている。真空容器の内面の側壁は、アルミコーティング110がされており、このアルミコーティング110に所定の電位が与えられることにより、上端面100aから入射する光および光電面120で光電変換されて生成された電子を効率よく収集することができる。

【0024】真空容器100内には、この真空容器100の内壁とその外周面から突出した脚部300a、bと

10

20

30

40

50

が接触して保持された円形の集束電極300が備えられている。集束電極300は、中央部に方形の開口を有しており、光の入射により光電面120から放出された電子を第1電子入射用開口41aを介して第1段目のダイノード4内に導入することができる。

【0025】電子増倍部4a~4hは、側壁600および610により保持されている。なお、側壁600と側壁610とは、鏡対象の互いに形状であるので、ここでは、側壁600についてのみ説明する。側壁600には、複数の固定孔600a~600hが穿設されており、これらの孔600a~600hにダイノード4a~4hやアノード電極5に接続または一体成形されたT字状の固定板が挿入されてねじられることにより、ダイノード4a~4hやアノード電極5は固定されている。たとえば、第3段目のダイノード4cから延びるT字状の固定板42cは、固定孔600aに挿入されてT字の頭の部分がねじられることにより固定孔600aから抜けなくなるので、第3段目のダイノード4cをこの側壁600に固定することができる。

【0026】なお、この第3段目のダイノード4cから延びるT字状の固定板42cは、リードピン200cに接続されており、このリードピン200cを介して所望の電位を第3段目のダイノード4cに供給することができる。なお、その他のダイノード4a~4hやアノード5も第3段目のダイノード4cと同様にして、側壁600および610bに固定されることとしてあるとともに、第3段目のダイノード4cと同様にして、所望の電位が与えられる構成としてある。

【0027】第1段目のボックス型ダイノード4aの電子入射用開口41aの開口端面には、この開口41aを覆うように蜘蛛の巣状（網目状）の加速グリッド40aが固定されている。また、同様にして、第2~4段目のダイノード4b~4dの電子入射用開口の開口端面には、この開口41aを覆うようにハニカム状（網目状）の加速グリッド40b、40c、40dがそれぞれ固定されている。

【0028】図2は、図1に示した光電子増倍管の管軸に沿って切った縦断面図である。なお、同図では、光電面、ダイノードおよびアノードなどの主要な構成のみを図示してある。同図から明らかなように、光電子増倍管内には、第1段目のボックス型ダイノード4a、第2段目のボックス型ダイノード4b、第3段目のボックス型ダイノード4c、第4段目の接続段ダイノード4dが配置されている。また、第4段目の接続段ダイノード4dの後段には、第5段目のインライン型ダイノード4e、第6段目のインライン型ダイノード4f、第7段目のインライン型ダイノード4g、第8段目のダイノード4hが配置されている。

【0029】第1段目のボックス型ダイノード4aは、光電面120に対向する第1電子入射用開口401a

と、この第1電子入射用開口401aに垂直な第1電子出射用開口402aとを有している。第1電子入射用開口401aには、蜘蛛の巣状（網目状）の加速グリッド40aがこの第1電子入射用開口401aを覆うように設置されている。また、第1段目のボックス型ダイノード4aの内壁には、アルカリアンチモン、酸化ベリリウム、酸化マグネシウム、ガリウムリン、ガリウムヒ素リンなどの二次電子放出材料が蒸着された第1の二次電子放出面403aを有している。

10 【0030】そして、第1段目のボックス型ダイノード4aは、光電面120から放出された電子が、第1電子入射用開口401a内を通過して第1の二次電子放出面403aに照射されて増倍され、第1電子出射用開口402aから放出されるように成されている。

【0031】第2段目のボックス型ダイノード4bは、第1の二次電子放出面403aに対向する第2電子入射用開口401bと、この第2電子入射用開口401bに垂直な第2電子出射用開口402bとを有している。第2電子入射用開口401bには、ハニカム状（網目状）の加速グリッド40bがこの第2電子入射用開口401bを覆うように設置されている。また、第2段目のボックス型ダイノード4bの内壁には、上記と同様の二次電子放出材料が蒸着された第2の二次電子放出面403bを有している。

【0032】そして、第2段目のボックス型ダイノード4bは、第1の二次電子放出面403aから放出された電子が、第2電子入射用開口401b内を通過して第2の二次電子放出面403bに照射されて増倍され、第2電子出射用開口402bから放出されるように成されている。

30 【0033】第3段目のボックス型ダイノード4cは、第2の二次電子放出面403bに対向する第3電子入射用開口401cと、この第3電子入射用開口401cに垂直な第3電子出射用開口402cとを有している。第3電子入射用開口401cには、ハニカム状（網目状）の加速グリッド40cがこの第3電子入射用開口401cを覆うように設置されている。また、第2段目のボックス型ダイノード4cの内壁には、上記と同様の二次電子放出材料が蒸着された第3の二次電子放出面403cを有している。

40 【0034】そして、第3段目のボックス型ダイノード4cは、第2の二次電子放出面403bから放出された電子が、第3電子入射用開口401c内を通過して第3の二次電子放出面403cに照射されて増倍され、第2電子出射用開口402cから放出されるように成されている。

【0035】第4段目の接続段ダイノード4dは、この4dの外壁が第1段目のボックス型ダイノード4aの外壁に対向して配置されている。そして、第4段目の接続段ダイノード4dは、第3の二次電子放出面403cに

対向する第4電子入射用開口401dと、この第4電子入射用開口401dと鋭角で交差する第4電子出射用開口402dとを有している。また、第4段目の接続段ダイノード4dの内壁には第4の二次電子放出面403dを有しており、第3の二次電子放出面403cから放出された電子が、第4電子入射用開口401d内を通過して第4の二次電子放出面403dに照射されて増倍され、第4出射用開口402dから放出されるように成されている。第4電子入射用開口401dには、ハニカム状(網目状)の加速グリッド40dがこの第4電子入射用開口401dを覆うように設置されている。

【0036】さらに、後段部4e~4hは、第3の二次電子放出面403cから第3電子出射用開口402c方向に複数段のダイノード4e~4hが連なって配置されていることにより構成されている。そして、インライン型ダイノード4eは、第4の二次電子放出面403dから放出された電子が照射されて増倍されるように成されている。また、インライン型ダイノード4gとダイノード4hとの間にはこの増倍された電子を収集するアノード電極5が設置されている。これらのダイノードの配置

を図3を用いてより詳しく説明する。
【0037】図3は、図2に示した光電子増倍管のダイノードの形状および配置を説明するための拡大断面図である。なお、簡単のため各ダイノードの側壁4a~hは省略してある。光電面120から放出された電子は、第1段目のボックス型ダイノード4a、第2段目のボックス型ダイノード4bをで増倍されて、第3段目のボックス型ダイノード4cに入射する。同図中の20、21および22は、電子の軌道を示している。

【0038】そして、第4段目の接続段ダイノード4dは、第4電子入射用開口401dの第1段目のボックス型ダイノード4aの外壁側の端部が、この第1段目のボックス型ダイノード4aの外壁から離れる方向へ、第3段目のボックス型ダイノード4cの第3入射用開口401cとこの第3電子入射用開口401cに対向する第3電子増倍面403cとの最大離隔距離の7分の1乃至5分の1の距離だけ第3電子入射用開口401cを含む平面から離隔している。電子を効率よく収集する観点からは、この距離は第3電子増倍面403cとの最大離隔距離の6分の1であることが望ましい。

【0039】また、第4段目の接続段ダイノード4dの第4電子増倍面403dの形状は、円周面的一部分(約1/4円:60度の円周面とこの円周面から延びる平面を含む)408dと、この円周面408dから第3電子出射用開口402c方向へ延びる平面409cとを複合した形状である。

【0040】そして、上記のような構成とすることにより、最終的に非常に効率良く電子をアノード電極5で収集することができる。なお、これらのダイノードの形状および配置を図4に示す。同図は、図3に示したダイノード

ードのより詳細な配置を示した断面図であり、同図中のスケールの単位は(mm)である。なお、図4では各ダイノード4a~4hの二次電子放出面403a~hを省略して示す。

【0041】この形状および配置のダイノードを有する光電子増倍管を作製するためには、相当の試行を必要とした。すなわち、このダイノードの形状や配置を有する光電子増倍管を作製するにあたって、発明者らは、まず、ボックス型のダイノードとインライン型のダイノードが図5に示すような形状の光電子増倍管を作製してみた。

【0042】図5は、このような光電子増倍管のダイノード部分の断面図である。なお、図5および以下の図6では各ダイノード4a~4hの二次電子放出面403a~hを省略して示してある。第3段目のボックス型ダイノード4cから放出された電子は、第4段目の接続段ダイノード4dがその内壁が図示のように大きく曲がっているため、電子は第4段目の接続段ダイノード4dの曲率の中心を目指して運動を始めるため、第5段目のインライン型ダイノード4eの上端部に入射するようになる。第5段目のインライン型ダイノード4eの上端部から発生した電子は、効率が悪く第6段目のインライン型ダイノード4fにあまり入射されない。すなわち、電子軌道12が第6段目のインライン型ダイノード4fを抜けている。このような配置では、電子軌道12が問題となる。そこで、図6のように第4段目の接続段ダイノード4dの第4電子増倍面403dの形状を図3および図4に示したように円周面的一部分と、この円周面から第3電子出射用開口方向へ延びる平面とを複合した形状とした。このような形状とすることにより、第4段目の接続段ダイノード4dの内部に第6段目のインライン型ダイノード4fの電位が染み込むことになり、第4段目の接続段ダイノード4dからの電子軌道16にしめされる電子は、第6段目のインライン型ダイノード4fに引き寄せられて、第5段目のインライン型ダイノード4eの効率のよい部分に入射するようになった。このようにして、電子軌道17でしめされる電子は第6段目のインライン型ダイノード4fに入射されるようになるが、電子軌道15で示される第3段目のボックス型ダイノード4cからの電子は、その一部が、第4段目の接続段ダイノード4dを通らずに第6段目のインライン型ダイノード4fの背面に入射することになる。

【0043】そこで、この図6の形状を保持したまま、図3~4に示したように第4段目の接続段ダイノード4dを配置することにより、すなわち、1.5mm下方にずらすことにより、効率よく電子が第4段目の接続段ダイノード4dに入射するようになり、第4段目の接続段ダイノード4dから第5段目のインライン型ダイノード4eへの電子の照射効率は66%に向上した。そして、図3および4に記載した光電子増倍管では、特開昭

59-108254号公報に示した従来の光電子増倍管と比較して利得が20倍以上に向上し、立上がり時間が4.8nsecに短縮された。

【0044】また、このような構造とすることによって、after pulseの問題にしても、最終段ダイノード4hからのイオンの戻りが制限され、図7の光電子増倍管と比較して半減することができた。

【0045】

【発明の効果】以上の通り、本発明によれば、本光電子増倍管は、特開昭59-108254号公報に示した従来の光電子増倍管と比較して利得が20倍以上に向上するとともに立上がり時間が4.8nsecに短縮されるので、高速、高利得特性を保持しつつ、管長を短くすることができる。よって、従来の光電子増倍管で必要であったダイノードの数を10段から8段に減らすことができ、光電子増倍管を小型化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光電子増倍管を一部破断して示すととともに、側壁600を外して示す展開斜視図であ

＊る。

【図2】図1に示した光電子増倍管の縦断面図である。

【図3】図2に示した光電子増倍管のダイノードの形状および配置を説明するための拡大断面図である。

【図4】図3に示したダイノードのより詳細な配置を示した断面図である。なお、同図中のスケールの単位は(mm)である。

【図5】本発明に係る光電子増倍管のダイノードの断面図である。

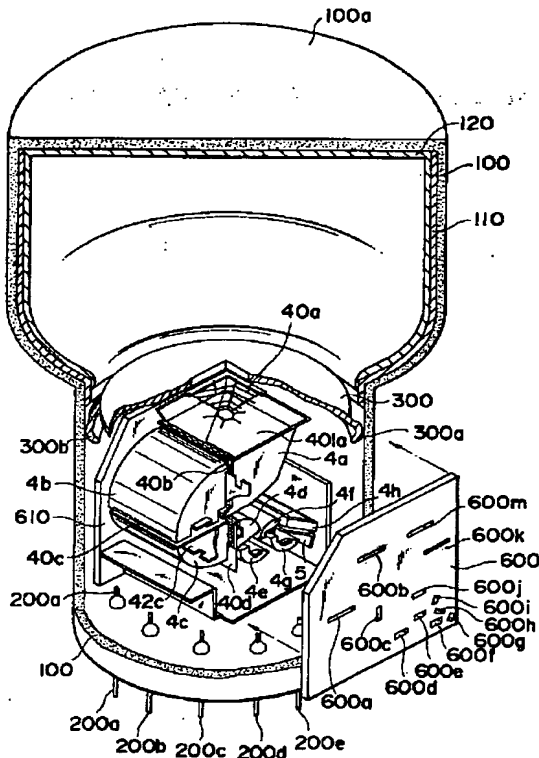
10 【図6】本発明に係る光電子増倍管のダイノードの断面図である。

【図7】従来のインライン型ダイノードを説明するための断面図である。

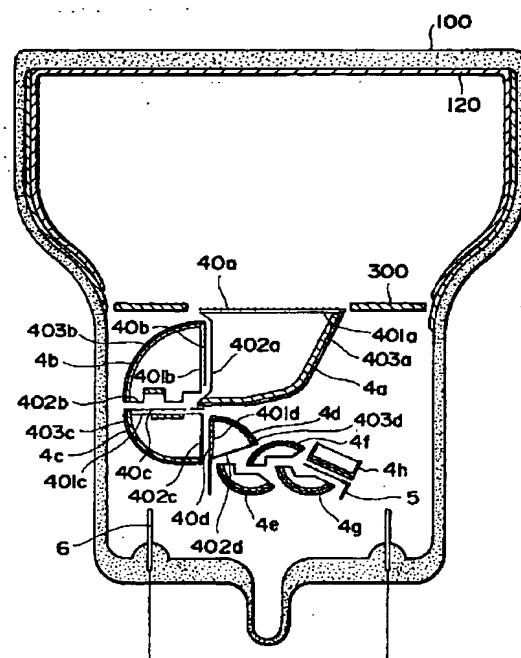
【符号の説明】

4a~4h…ダイノード、5…アノード電極、120…光電面、40a~40d…網目グリッド、300…集束電極、100…真空容器、200a~200e…リードピン。

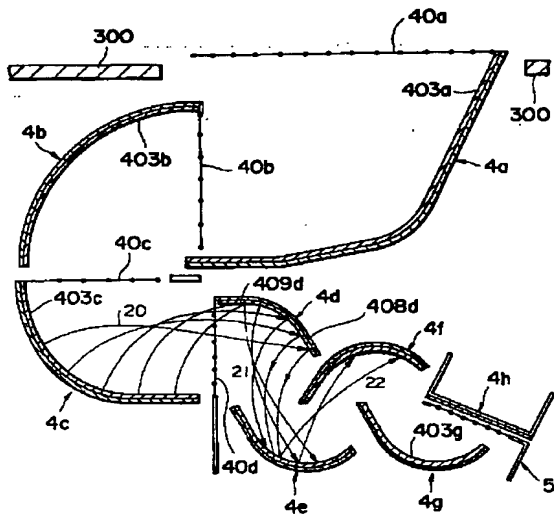
【図1】



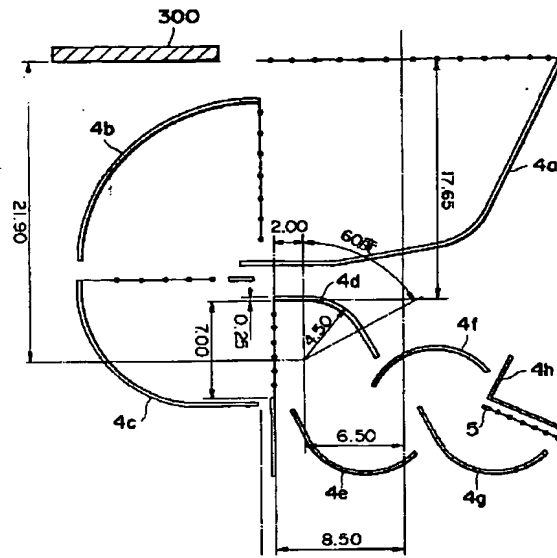
【図2】



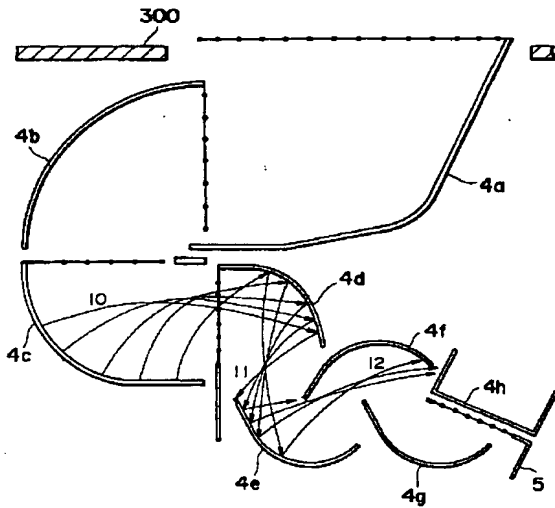
【図3】



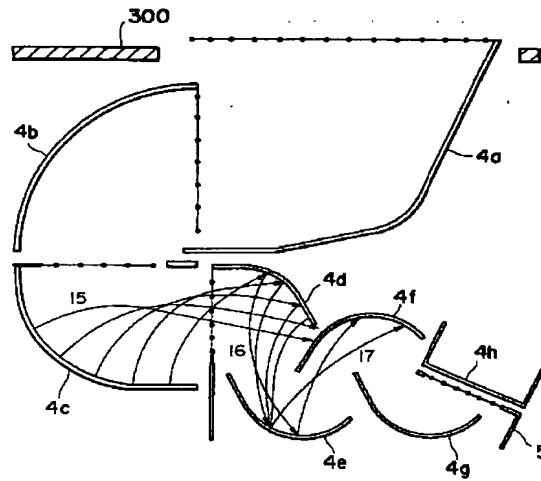
【図4】



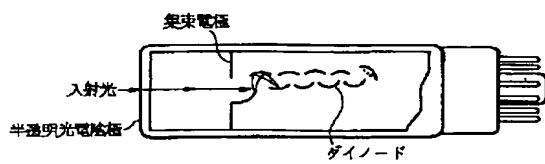
【図5】



【図6】



【図7】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第7部門第1区分
 【発行日】平成13年11月9日(2001.11.9)

【公開番号】特開平7-245078
 【公開日】平成7年9月19日(1995.9.19)
 【年通号数】公開特許公報7-2451
 【出願番号】特願平6-35790
 【国際特許分類第7版】

H01J 43/26
 【FI】

H01J 43/26

【手続補正書】

【提出日】平成13年3月7日(2001.3.7)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】光電子増倍管

【特許請求の範囲】

【請求項1】入射した光を光電変換して電子を放出する光電面と、内壁に二次電子放出面を有する複数段のダイノードから成る電子増倍部とを備えた光電子増倍管において、前記電子増倍部は、前記光電面に初段のダイノードの二次電子放出面が対向したボックス型ダイノードを有する前段部と、前記前段部からの電子を受け入れるインライン型ダイノードを有する後段部とを備えることを特徴とする光電子増倍管。

【請求項2】湾曲した内壁が、前記前段部の最終段のダイノードの二次電子放出面および前記後段部の初段のダイノードの二次電子放出面の双方をのぞむように成されている接続段ダイノードを更に備えることを特徴とする請求項1に記載の光電子増倍管。

【請求項3】前記ボックス型ダイノードの少なくとも1つは、電子入射側にグリッドをさらに備えることを特徴とする請求項1に記載の光電子増倍管。

【請求項4】複数の前記ボックス型ダイノードが連なる向きと、複数の前記インライン型ダイノードが連なる向きは、異なることを特徴とする請求項1に記載の光電子増倍管。

【請求項5】前記接続段ダイノードは、4段目のダイノードであることを特徴とする請求項2に記載の光電子増倍管。

【請求項6】前記接続段ダイノードの外壁は、前記初段のボックス型ダイノードの外壁に対向して配置されており、前記接続段ダイノードは前段のダイノードからの電子が入射する電子入射用開口及び電子が出射する電子

出射用開口を備えており、この電子入射用開口の端面と電子出射用開口の端面とは、当該接続段ダイノードの内壁側からみて鋭角で交差していることを特徴とする請求項2に記載の光電子増倍管。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、入射した光を光電変換して電子を放出する光電面と、この電子を増倍する複数段のダイノードを備えた光電子増倍管に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光電子増倍管は、入射した光を電子に変換する光電面とこの電子を増倍するダイノードと電子を収集するアノードとを有しており、微弱光の検出に用いられている。従来、このような光電子増倍管としては、図7に示すインライン型のダイノードが知られている。そして、インライン型のダイノードはヘッドオン型光電子増倍管に用いられている。しかしながら、このようなインライン型のダイノードは、光電面からアノードまでの距離が長く、かかる光電子増倍管が大型化せざるを得なかった。そこで、このような要請に答えるべく、ボックス型の光電子増倍管とメッシュ型の光電子増倍管とを組み合わせたものが特開昭59-108254号公報に記載されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】この光電子増倍管は、平面構造のために時間特性の入射位置依存性が少なく、高磁場でも動作できる優れたものであるが、インライン型の光電子増倍管と比較すると応答速度は劣っていた。また、上記のようにメッシュ型のダイノードを用いた場合には、電子がメッシュの間を抜けるので($\eta=40\%$)、単位ダイノードあたりの利得が低く、十分な利得を得るためには10段のダイノードを必要としていた。

【0004】本発明はこのような問題に鑑みてなされたものであり、管の長さが短く、高利得、高速時間応答特性を有することができる光電子増倍管を提供することを

目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】以上の問題を解決するため、発明者らは、ダイノードの配置や形状を変化させて種々の光電子増倍管を作製した。そして、発明者らは、これら種々の光電子増倍管を比較検討することにより、電子の収集効率がよく、小型であって高利得、高速時間応答特性を有することができる光電子増倍管を作製できることを見出した。

【0006】すなわち、本発明は、入射した光を光電変換して電子を放出する光電面と、内壁に二次電子放出面を有する複数段のダイノードから成る電子増倍部とを備えた光電子増倍管を対象とするものである。そして、この電子増倍部は、光電面に初段のダイノードの二次電子放出面が対向したボックス型ダイノードを有する前段部と、前記前段部からの電子を受け入れるインライン（In-Line）型ダイノードを有する後段部とを備えている。また、本発明の光電子増倍管は、湾曲した内壁が、前段部の最終段のダイノードの二次電子放出面および後段部の初段のダイノードの二次電子放出面の双方をのぞむように成されている接続段ダイノードとを具備することとした。

【0007】さらに好適には、この光電子増倍管の前段部は第1～第3段目のボックス型ダイノードから構成することとし、後段部は複数段のインライン型ダイノードと、アノード電極とから構成し、接続段ダイノードは3段目のボックス型ダイノードとインライン型ダイノードとの間に設けられた第4段目の接続段ダイノードから構成することにした。このような場合、インライン型のダイノードは5段目以降に連なる。

【0008】ボックス型ダイノードの少なくとも1つは、電子入射側にグリッドをさらに備えることとしてもよい。

【0009】複数のボックス型ダイノードが連なる向きと、複数のインライン型ダイノードが連なる向きは、異なることが好ましい。

【0010】好適には、上記の如く接続段ダイノードは4段目のダイノードである。

【0011】この場合、複数段のインライン型ダイノードは、第3段目のダイノードの二次電子放出面から、その電子出射用開口へ向かう方向に沿って連なって配置され、第4段目のダイノードの二次電子放出面から放出された電子が照射されて増倍されるように配置される。

【0012】また、前記接続段ダイノードの外壁は、初段のボックス型ダイノードの外壁に対向して配置されており、接続段ダイノードは前段のダイノードからの電子が入射する電子入射用開口及び電子が出射する電子出射用開口を備えており、この電子入射用開口の端面と電子出射用開口の端面とは、当該接続段ダイノードの内壁側からみて鋭角で交差していることが好ましい。

【0013】

【作用】本発明の光電子増倍管によれば、まず、光電面から放出された電子が前段部に入射されることによりこの電子が増倍され、前段部から放出された電子は好適には接続段ダイノードに入射して後段部に放出される。この後段部はインライン型ダイノードから構成されることとしてあるので本光電子増倍管は、高速特性を保持することができ、また、前段部はボックス型のダイノードを備えているので高利得特性を有することができる。

【0014】ボックス型ダイノードが第1乃至第3段のダイノードからなる場合について詳細に説明すれば、まず、光電面に入射された光は光電変換され、光電面から放出された電子はこの光電面に対向して配置された第1段目（初段）のボックス型ダイノードの二次電子放出面に照射される。この二次電子放出面は、照射された電子を増倍し、第1段目のダイノードの電子出射用開口から放出する。

【0015】次に、第1段目のダイノードの二次電子放出面から放出された電子は、これに対向する第2段目のボックス型ダイノードの二次電子放出面に照射される。この二次電子放出面は照射された電子を増倍し、第2段目の電子出射用開口から放出する。

【0016】しかる後、第2段目の二次電子放出面から放出された電子は、これに対向する第3段目（奇数段目）のボックス型ダイノードの二次電子放出面に照射される。この二次電子放出面は、照射された電子を増倍し、第3段目の電子出射用開口から放出する。

【0017】そして、この電子は外壁が第1段目のボックス型ダイノードの外壁に対向して配置された第4段目のダイノード（接続段ダイノード）の電子入射用開口を介して二次電子放出面に照射される。この二次電子放出面は、照射された電子を増倍し、第4段目のダイノードの電子出射用開口から放出する。上記の如く、これらの開口端面は鋭角で交差しているため、第3段目のダイノードの二次電子放出面から、その電子出射用開口方向に沿って連なって配置された複数段のインライン型ダイノードに、放出された電子を導入することができる。インライン型ダイノードは導入された電子を増倍し、ここで増倍された電子はアノード電極で収集される。

【0018】なお、これらの光電面およびダイノードは真空容器内に配置されており、各ダイノードには真空容器を貫通するリードピンを介して、後段になるほど高い電位が与えられるようにしてある。

【0019】また、第4段目の接続段ダイノードが第3段目のボックス型ダイノードから効率よく電子を収集するとともに、後段のインライン型ダイノード部に効率よく放出するためのさらに具体的構成は以下の通りである。すなわち、第4段目のダイノードの電子入射用開口における第1段目のボックス型ダイノードの外壁側の端部が、第1段目のボックス型ダイノードの外壁から離れ

る方向へ、第3段目のダイノードの電子入射用開口端面を含む平面から離隔していることが望ましい。この離隔距離は、第3段目のダイノードの電子入射用開口端面とこの電子入射用開口端面に対向する第3段目のダイノードの二次電子増倍面との最大離隔距離の7分の1乃至5分の1の距離であることが好ましい。そして、上記効率を改善する観点からは、この距離が最大離隔距離の6分の1であることが最も望ましい。

【0020】さらに、このような場合においては、第4段目の接続段ダイノードの二次電子増倍面の形状が円周面的一部分と、この円周面から第3ダイノード側へ延びる平面とを複合した形状であることが望ましい。すなわち、第4段目のダイノードは後段のダイノードの電位が染み込みやすい構造としてある。なお、本光電子増倍管は、第1乃至第4段目のダイノードの電子入射用開口の少なくとも1つが、グリッドをさらに備えていることとしたり、初段ダイノードの電子入射用開口と光電面との間に光電面からの電子を当該電子入射用開口内に集束させる集束電極を更に備えることとすれば、本光電子増倍管の利得を向上させるとともに検出感度を改善することができる。

【0021】

【実施例】以下、本発明に係る一実施例の光電子増倍管を添付図面を用いて説明する。なお、同一要素には同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

【0022】図1は、本発明に係る光電子増倍管を一部破断して示すととともに、側壁600を外して示す展開斜視図である。

【0023】ガラス製の真空容器100内には、ボックス型のダイノード4a~4cからなる前段部と接続段ダイノード4dとインライン型のダイノード4e~4gからなる後段部が配置されており、電子増倍部4a~4hを構成している。そして、この電子増倍部4e~4hの最終ダイノード4hとダイノード4gとの間にはアノード電極5が配置されている。真空容器100の上端面100aには、光電面120が形成されており、この光電面120と第1段目のダイノード4aの電子入射用開口401aとは対向して配置されている。真空容器100の内面の側壁には、アルミコーティング110が施されており、このアルミコーティング110に所定の電位が与えられることにより、上端面100aから入射する光および光電面120で光電変換されて生成された電子を効率よく収集することができる。

【0024】真空容器100内には、この真空容器100の内壁とその外周面から突出した脚部300a、300bとが接触して保持された円形の集束電極300が備えられている。集束電極300は、中央部に方形の開口を有しており、光の入射により光電面120から放出された電子を第1電子入射用開口401aを介して第1段目のダイノード4内に導入することができる。

【0025】電子増倍部4a~4hは、側壁600および610により保持されている。なお、側壁600と側壁610とは、互いに鏡対称の形状であるので、ここでは、側壁600についてのみ説明する。側壁600には、複数の固定孔600a~600hが穿設されており、これらの孔600a~600hに、ダイノード4a~4hやアノード電極5に接続または一体成形されたT字状の固定板が挿入されてねじられることにより、ダイノード4a~4hやアノード電極5は固定されている。たとえば、第3段目のダイノード4cから延びるT字状の固定板42cは、固定孔600aに挿入されてT字の頭の部分がねじられることにより固定孔600aから抜けなくなるので、第3段目のダイノード4cをこの側壁600に固定することができる。

【0026】なお、この第3段目のダイノード4cから延びるT字状の固定板42cは、リードピン200cに接続されており、このリードピン200cを介して所望の電位を第3段目のダイノード4cに供給することができる。なお、その他のダイノード4a~4hやアノード5も第3段目のダイノード4cと同様にして、側壁600および610bに固定されることとしてあるとともに、第3段目のダイノード4cと同様にして、所望の電位が与えられる。

【0027】第1段目のボックス型ダイノード4aの電子入射用開口401aの開口端面には、この開口401aを覆うように蜘蛛の巣状（網目状）の加速グリッド40aが固定されている。また、同様にして、第2、第3、4段目のダイノード4b、4c、4dの電子入射用開口の開口端面には、この開口41aを覆うようにハニカム状（網目状）の加速グリッド40b、40c、40dがそれぞれ固定されている。

【0028】図2は、図1に示した光電子増倍管の管軸に沿って切った縦断面図である。なお、同図では、光電面、ダイノードおよびアノードなどの主要な構成のみを図示してある。同図から明らかなように、光電子増倍管の容器100内には、第1段目のボックス型ダイノード4a、第2段目のボックス型ダイノード4b、第3段目のボックス型ダイノード4c、第4段目の接続段ダイノード4dが配置されている。また、第4段目の接続段ダイノード4dの後段には、第5段目のインライン型ダイノード4e、第6段目のインライン型ダイノード4f、第7段目のインライン型ダイノード4g、第8段目のダイノード4hが配置されている。

【0029】第1段目のボックス型ダイノード4aは、光電面120に対向する第1電子入射用開口401aと、この第1電子入射用開口401aの端面に垂直な端面を有する第1電子出射用開口402aとを有している。第1電子入射用開口401aには、蜘蛛の巣状（網目状）の加速グリッド40aが、この第1電子入射用開口401aを覆うように設置されている。また、第1段

目のボックス型ダイノード4aの内壁には、アルカリアンチモン、酸化ベリリウム、酸化マグネシウム、ガリウムリン、ガリウムヒ素リンなどの二次電子放出材料が蒸着された第1の二次電子放出面403aが形成されている。

【0030】第1段目のボックス型ダイノード4aは、光電面120から放出された電子が、第1電子入射用開口401a内を通過して第1の二次電子放出面403aに照射されて増倍され、第1電子出射用開口402aから放出されるように成されている。

【0031】第2段目のボックス型ダイノード4bは、第1の二次電子放出面403aに対向する第2電子入射用開口401bと、この第2電子入射用開口401bの端面に垂直な端面を有する第2電子出射用開口402bとを有している。第2電子入射用開口401bには、ハニカム状（網目状）の加速グリッド40bが、この第2電子入射用開口401bを覆うように設置されている。また、第2段目のボックス型ダイノード4bの内壁には、上記と同様の二次電子放出材料が蒸着された第2の二次電子放出面403bが形成されている。

【0032】そして、第2段目のボックス型ダイノード4bは、第1の二次電子放出面403aから放出された電子が、第2電子入射用開口401b内を通過して第2の二次電子放出面403bに照射されて増倍され、第2電子出射用開口402bから放出されるように成されている。

【0033】第3段目のボックス型ダイノード4cは、第2の二次電子放出面403bに対向する第3電子入射用開口401cと、この第3電子入射用開口401cの端面に垂直な端面を有する第3電子出射用開口402cとを有している。第3電子入射用開口401cには、ハニカム状（網目状）の加速グリッド40cが、この第3電子入射用開口401cを覆うように設置されている。また、第2段目のボックス型ダイノード4cの内壁には、上記と同様の二次電子放出材料が蒸着された第3の二次電子放出面403cを有している。

【0034】そして、第3段目のボックス型ダイノード4cは、第2の二次電子放出面403bから放出された電子が、第3電子入射用開口401c内を通過して第3の二次電子放出面403cに照射されて増倍され、第3電子出射用開口402cから放出されるように成されている。

【0035】第4段目の接続段ダイノード4dにおいては、このダイノード4dの外壁が第1段目のボックス型ダイノード4aの外壁に対向して配置されている。そして、第4段目の接続段ダイノード4dは、第3の二次電子放出面403cに対向する第4電子入射用開口401dと、この第4電子入射用開口401dを規定する開口端面と二次電子放出面403c側からみて鋭角で交差する開口端面を有する第4電子出射用開口402dとを有

している。また、第4段目の接続段ダイノード4dの内壁には第4の二次電子放出面403dが形成されており、第3の二次電子放出面403cから放出された電子が、第4電子入射用開口401d内を通過して第4の二次電子放出面403dに照射されて増倍され、第4出射用開口402dから放出されるように成されている。第4電子入射用開口401dには、ハニカム状（網目状）の加速グリッド40dがこの第4電子入射用開口401dを覆うように設置されている。

【0036】さらに、後段部4e～4hは、第3の二次電子放出面403cから第3電子出射用開口402cに向かう方向、すなわち第3から第4ダイノードに向かう方向に沿って、複数段のダイノード4e、4f、4g、4hが連なって配置されることにより構成されている。そして、インライン型ダイノード4eは、第4の二次電子放出面403dから放出された電子が照射されて増倍されるように成されている。また、インライン型ダイノード4gとダイノード4hとの間にはこの増倍された電子を収集するアノード電極5が設置されている。これらのダイノードの配置を図3を用いてより詳しく説明する。

【0037】図3は、図2に示した光電子増倍管のダイノードの形状および配置を説明するための拡大断面図である。なお、簡単のため各ダイノード4a～4hの側壁の記載は省略してある。図2に示した光電面120から放出された電子は、第1段目のボックス型ダイノード4a、第2段目のボックス型ダイノード4bで増倍され、第3段目のボックス型ダイノード4cに入射する。同図中の20、21および22は、第3段目のダイノード以降の電子の軌道を示している。

【0038】第4段目の接続段ダイノード4dが第3段目のボックス型ダイノード4cから効率よく電子を収集するとともに、後段のインライン型ダイノード部4e、4f、4gに効率よく放出するためのさらに具体的構成は以下の通りである。すなわち、第4段目のダイノード4dの電子入射用開口401dにおける第1段目のボックス型ダイノード4aの外壁側の端部が、第1段目のボックス型ダイノード4aの外壁から離れる方向へ、第3段目のダイノード4cの電子入射用開口（端面）401cを含む平面から離隔している。この離隔距離は、第3段目のダイノード4cの電子入射用開口（端面）401cと、この電子入射用開口（端面）401cに対向する第3段目のダイノード4cの二次電子増倍面403cとの最大離隔距離の7分の1乃至5分の1の距離であることが好ましい。そして、上記効率を改善する観点からは、この距離が最大離隔距離の6分の1であることが最も望ましい。

【0039】また、第4段目の接続段ダイノード4dの第4電子増倍面403dの形状は、円周面的一部分（約1/4円：60度の円周面とこの円周面から延びる平面

を含む)408dと、この円周面408dから第3電子出射用開口402c方向へ延びる平面409cとを複合した形状である。

【0040】そして、上記のような構成とすることにより、最終的に非常に効率良く電子をアノード電極5で収集することができる。なお、これらのダイノードの形状および配置を図4に示す。同図は、図3に示したダイノードのより詳細な配置を示した断面図であり、同図中のスケールの単位は(mm)である。なお、図4では各ダイノード4a~4hの二次電子放出面403a~403hを省略して示す。

【0041】この形状および配置のダイノードを有する光電子増倍管を作製するためには、相当の試行を必要とした。すなわち、このダイノードの形状や配置を有する光電子増倍管を作製するにあたって、発明者らは、まず、ボックス型のダイノードとインライン型のダイノードが図5に示すような形状の光電子増倍管を作製してみた。

【0042】図5は、このような光電子増倍管のダイノード部分の断面図である。なお、図5および以下の図6では各ダイノード4a~4hの二次電子放出面403a~403hを省略して示してある。第3段目のボックス型ダイノード4cから放出された電子は、第4段目の接続段ダイノード4dがその内壁が図示のように大きく曲がっているので、電子は第4段目の接続段ダイノード4dの曲率の中心を目指して運動を始めるため、第5段目のインライン型ダイノード4eの上端部に入射するようになる。第5段目のインライン型ダイノード4eの上端部から発生した電子は、効率が悪く第6段目のインライン型ダイノード4fにあまり入射されない。すなわち、電子軌道12が第6段目のインライン型ダイノード4fを抜けている。このような配置では、電子軌道12が問題となる。そこで、図6のように第4段目の接続段ダイノード4dの第4の二次電子増倍面403dの形状を図3および図4に示したように、円周面の一部分と、この円周面から第3電子出射用開口402c(図2)方向へ延びる平面とを複合した形状とした。このような形状とすることにより、第4段目の接続段ダイノード4dの内部に第6段目のインライン型ダイノード4fの電位が染み込むことになり、第4段目の接続段ダイノード4dからの電子軌道16に示される電子は、第6段目のインライン型ダイノード4fに引き寄せられて、第5段目のインライン型ダイノード4eの効率のよい部分に入射するようになった。このようにして、電子軌道17で示される電子は第6段目のインライン型ダイノード4fに入射されるようになるが、電子軌道15で示される第3段目のボックス型ダイノード4cからの電子は、その一部が、第4段目の接続段ダイノード4dを通らずに第6段目のインライン型ダイノード4fの背面に入射することになる。

【0043】そこで、この図6の形状を保持したまま、図3~4に示したように第4段目の接続段ダイノード4dを配置することにより、すなわち、1.5mm下方にずらすことにより、効率よく電子が第4段目の接続段ダイノード4dに入射するようになり、第4段目の接続段ダイノード4dから第5段目のインライン型ダイノード4eへの電子の照射効率は66%に向上した。そして、図3および4に記載した光電子増倍管では、特開昭59-108254号公報に示した従来の光電子増倍管と比較して利得が20倍以上に向上し、立上がり時間が4.8nsecに短縮され、また管長も短くすることができる。したがって、従来の光電子増倍管で必要であったダイノードの数を10段から8段に減らすことができ、光電子増倍管を小型化することができる。

【0044】また、このような構造とすることによって、after pulseの問題にしても、最終段ダイノード4hからのイオンの戻りが制限され、図7の光電子増倍管と比較して半減することができた。以上、説明したように、上述の光電子増倍管は、入射した光を光電変換して電子を放出する光電面120と、内壁に二次電子放出面を有する複数段のダイノードから成る電子増倍部とを備えた光電子増倍管において、電子増倍部は、初段のダイノード4aの二次電子放出面が光電面120に対向したボックス型ダイノード4a~4cを有する前段部と、前記前段部からの電子を受け入れるインライン型ダイノード4e~4gを有する後段部とを備える。また、上述の光電子増倍管は、湾曲した内壁が、前記前段部の最終段のダイノード4cの二次電子放出面および後段部の初段4eのダイノードの二次電子放出面の双方をのぞむように成されている接続段ダイノードを更に備えている。また、ボックス型ダイノードの少なくとも1つは、電子入射側にグリッドをさらに備えている。更に、上述の光電子増倍管においては、複数のボックス型ダイノード4a~4cが連なる向きと、複数のインライン型ダイノード4e、4f、4gが連なる向きが異なっている。更に、上述の光電子増倍管においては、接続段ダイノード4dは、4段目のダイノードである。更に、接続段ダイノード4dの外壁は、初段のボックス型ダイノード4aの外壁に対向して配置されており、接続段ダイノード4dは前段のダイノード4cからの電子が入射する電子入射用開口401d及び電子が出射する電子出射用開口402dを備えており、この電子入射用開口401dの端面と電子出射用開口402dの端面とは、当該接続段ダイノード4dの内壁側からみて鋭角で交差している。

【0045】

【発明の効果】以上の通り、本発明の本光電子増倍管は、高速、高利得特性を保持しつつ、管長を短くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光電子増倍管を一部破断して示すととともに、側壁600を外して示す展開斜視図である。

【図2】図1に示した光電子増倍管の縦断面図である。

【図3】図2に示した光電子増倍管のダイノードの形状および配置を説明するための拡大断面図である。

【図4】図3に示したダイノードのより詳細な配置を示した断面図である。なお、同図中のスケールの単位は（mm）である。

【図5】本発明に係る光電子増倍管のダイノードの断面

図である。

【図6】本発明に係る光電子増倍管のダイノードの断面図である。

【図7】従来のインライン型ダイノードを説明するための断面図である。

【符号の説明】

4a～4h…ダイノード、5…アノード電極、120…光電面、40a～40d…網目グリッド、300…集束電極、100…真空容器、200a～200e…リードピン。

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the photomultiplier tube equipped with the photoelectric surface which carries out photo electric conversion of the light which carried out incidence, and emits an electron, and the electron multiplier which changes from two or more steps of dynodes which have a secondary-electron-emission side to a wall said electron multiplier The pre-stage which consists of the box mold dynode to which the secondary-electron-emission side of the dynode of the first rank countered said photoelectric surface, The post-stage which consists of an inline-type dynode, and the connection stage dynode accomplished so that the curved wall may overlook the both sides of the secondary-electron-emission side of the dynode of the last stage of said pre-stage, and the secondary-electron-emission side of the dynode of the first rank of said post-stage, The photomultiplier tube characterized by preparation *****.

[Claim 2] The photoelectric surface which carries out photo electric conversion of the light which carried out incidence, and emits an electron, and the 1st thru/or the box mold dynode of the 3rd step, It has the connection stage dynode of the 4th step prepared between two or more steps of inline-type dynodes, the anode electrode, and said the 3rd step of box mold dynode and said inline-type dynode. While said box mold dynode of the 1st step has opening for the 1st electronic incidence which counters said photoelectric surface, and opening for the 1st electronic outgoing radiation perpendicular to this opening for the 1st electronic incidence The electron which has the 1st secondary-electron-emission side in the curved wall, and was emitted from said photoelectric surface Pass through the inside of said opening for the 1st electronic incidence, and said 1st secondary-electron-emission side irradiates, and multiplication is carried out to it. It is arranged so that it may be emitted from said opening for the 1st electronic outgoing radiation. Said box mold dynode of the 2nd step While having opening for the 2nd electronic incidence which counters said 1st secondary-electron-emission side, and opening for the 2nd electronic outgoing radiation perpendicular to this opening for the 2nd electronic incidence The electron which has the 2nd secondary-electron-emission side in the curved wall, and was emitted from said 1st secondary-electron-emission side Pass through the inside of said opening for the 2nd electronic incidence, and said 2nd secondary-electron-emission side irradiates, and multiplication is carried out to it. It is arranged so that it may be emitted from said opening for the 2nd electronic outgoing radiation. Said box mold dynode of the 3rd step While having opening for the 3rd electronic incidence which counters said 2nd secondary-electron-emission side, and opening for the 3rd electronic outgoing radiation perpendicular to this opening for the 3rd electronic incidence The electron which has the 3rd secondary-electron-emission side in the curved wall, and was emitted from said 2nd secondary-electron-emission side Pass through the inside of said opening for the 3rd electronic incidence, and said 3rd secondary-electron-emission side irradiates, and multiplication is carried out to it. It is arranged so that it may be emitted from said opening for the 3rd electronic outgoing radiation. Said connection stage dynode of the 4th step While having opening for the 4th electronic incidence which an outer wall counters the outer wall of said box mold dynode of the 1st step, is arranged, and counters said 3rd secondary-electron-emission side, and opening for the 4th electronic outgoing radiation which crosses by this opening for the 4th electronic incidence and acute angle The electron which has the 4th

secondary-electron-emission side in the curved wall, and was emitted from said 3rd secondary-electron-emission side. Pass through the inside of said opening for the 4th electronic incidence, and said 4th secondary-electron-emission side irradiates, and multiplication is carried out to it. It is arranged so that it may be emitted from said opening for the 4th electronic outgoing radiation. Said two or more steps of inline-type dynodes. It is stood in a row and arranged in said direction for the 3rd electronic outgoing radiation of opening from said 3rd secondary-electron-emission side. It is the photomultiplier tube for which the electron emitted from said 4th secondary-electron-emission side is irradiated and which is characterized by being arranged so that multiplication may be carried out, and arranging said anode electrode so that the electrons by which multiplication was carried out by said inline-type dynode may be collected.

[Claim 3] The edge by the side of the outer wall of said box mold dynode of the 1st step of said opening for the 4th electronic incidence. Opening for the 3rd electronic incidence of said box mold dynode of the 3rd step. Being isolated in the direction which separates from the outer wall of this box mold dynode of the 1st step from the flat surface where only 1/7 of the maximum separation with the 3rd electronic multiplication side which counters this opening for the 3rd electronic incidence thru/or the distance of 1/5 contain said opening for the 3rd electronic incidence. The photomultiplier tube according to claim 2 by which it is characterized.

[Claim 4] The photomultiplier tube according to claim 3 characterized by being the configuration where the configuration of the 4th electronic multiplication side of said step [4th] connection stage compounded a part of periphery side and the flat surface which extends in the direction for the 3rd electronic outgoing radiation of opening from this periphery side.

[Claim 5] The photomultiplier tube according to claim 2 characterized by equipping further at least one of said the 1st thru/or openings for the 4th electronic incidence with a reticulated grid.

[Claim 6] The photomultiplier tube according to claim 5 characterized by having further the focusing electrode which converges the electron from said photoelectric surface into said opening for the 1st electronic incidence between said openings for the 1st electronic incidence and said photoelectric surfaces.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the photoelectric surface which carries out photo electric conversion of the light which carried out incidence, and emits an electron, and the photomultiplier tube equipped with two or more steps of dynodes which carry out multiplication of this electron.

[0002]

[Description of the Prior Art] The photomultiplier tube has the dynode which carries out multiplication of the photoelectric surface which changes into an electron the light which carried out incidence, and this electron, and the anode which collects electrons, and is used for detection of feeble light. Conventionally, as such the photomultiplier tube, the dynode of the inline type shown in drawing 7 is known. And the dynode of an inline type is used for the head-on mold photomultiplier tube. However, the dynode of such an inline type had a long distance from the photoelectric surface to an anode, and this photomultiplier tube could not but enlarge it. Then, what combined the photomultiplier tube of a box mold and the photomultiplier tube of a mesh mold is indicated by JP,59-108254,A in order to reply to such a request.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] this photomultiplier tube has few incidence location dependencies of a time amount property because of the planar structure, and it can operate even in a high magnetic field -- although excelled, as compared with the photomultiplier tube of an inline type, the speed of response was inferior. Moreover, since the electron escaped from between mesh when the dynode of a mesh mold was used as mentioned above ($\eta = 40\%$), the gain per unit dynode was low, and in order to acquire sufficient gain, ten steps of dynodes were needed.

[0004] This invention is made in view of such a problem, and the die length of tubing is short and it aims at offering the photomultiplier tube which can have high interest profit and a high-speed time response property.

[0005]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above problem, artificers changed arrangement and the configuration of a dynode and produced the various photomultiplier tubes. And artificers found out that the photomultiplier tube which electronic collector efficiency can be good, can be small, and can have high interest profit and a high-speed time response property was producible by carrying out comparison examination of the photomultiplier tube of these versatility.

[0006] Namely, this invention is aimed at the photomultiplier tube equipped with the photoelectric surface (120) which carries out photo electric conversion of the light which carried out incidence, and emits an electron, and the electron multiplier which changes from two or more steps of dynodes which have a secondary-electron-emission side (403a-403h) to a wall. And the pre-stage to which this electron multiplier changes from the box mold dynode (4a-4c) to which the secondary-electron-emission side (403a) of the dynode (4a) of the first rank countered the photoelectric surface, The post-stage which

consists of an in-line (In-Line) mold dynode (4d-4g), The curved wall (403d) decided to provide connection stage dynode 4d accomplished so that the both sides of the secondary-electron-emission side (403c) of the dynode of the last stage of a pre-stage and the secondary-electron-emission side (403e) of the dynode of the first rank of a post-stage may be overlooked.

[0007] It is supposed that it constitutes from a box mold dynode (403a-403d) of the 3rd step. further -- a detail -- the pre-stage of this photo-multiplier -- the 1- a post-stage with two or more steps of inline-type dynodes (4d-4g) It decided to constitute from an anode electrode (5) and to constitute a connection stage dynode (4d) from a connection stage dynode (4d) of the 4th step prepared between the 3rd step of box mold dynode (4c), and the inline-type dynode (4e). Namely, the box mold dynode (4a) of the 1st step While having opening for the 1st electronic incidence (401a) which counters the photoelectric surface (120), and opening for the 1st electronic outgoing radiation (402a) perpendicular to opening for the 1st electronic incidence of ** (401a) The electron which has the 1st secondary-electron-emission side (403a) in the curved wall, and was emitted from the photoelectric surface (120) It passes through the inside of opening for the 1st electronic incidence (401a), the 1st secondary-electron-emission side (403a) irradiates, and multiplication is carried out, and it is arranged so that it may be emitted from opening for the 1st electronic outgoing radiation (402a).

[0008] Moreover, the box mold dynode (4b) of the 2nd step While having opening for the 2nd electronic incidence (401b) which counters the 1st secondary-electron-emission side (403a), and opening for the 2nd electronic outgoing radiation (402b) perpendicular to this opening for the 2nd electronic incidence (401b) The electron which has the 2nd secondary-electron-emission side (403b) in the curved wall, and was emitted from the 1st secondary-electron-emission side (403a) It passes through the inside of opening for the 2nd electronic incidence (401a), the 2nd secondary-electron-emission side (403b) irradiates, and multiplication is carried out, and it is arranged so that it may be emitted from opening for the 2nd electronic outgoing radiation (402b).

[0009] The box mold dynode (4c) of the 3rd step While having opening for the 3rd electronic incidence (401c) which counters the 2nd secondary-electron-emission side (403b), and opening for the 3rd electronic outgoing radiation (402c) perpendicular to this opening for the 3rd electronic incidence (403c) The electron which has the 3rd secondary-electron-emission side (403c) in the curved wall, and was emitted from the 2nd secondary-electron-emission side (403b) It passes through the inside of opening for the 3rd electronic incidence (401c), the 3rd secondary-electron-emission side (403c) irradiates, and multiplication is carried out, and it is arranged so that it may be emitted from opening for the 3rd electronic outgoing radiation (402c).

[0010] Opening for the 4th electronic incidence which an outer wall counters the outer wall of the box mold dynode (4a) of the 1st step, and the connection stage dynode (4d) of the 4th step is arranged, and counters the 3rd secondary-electron-emission side (403c) (401d), While having opening (402d) for the 4th electronic outgoing radiation which crosses by this opening (401d) for the 4th electronic incidence and acute angle The electron which has the 4th secondary-electron-emission side (403d) in the curved wall, and was emitted from the 3rd secondary-electron-emission side (403c) It passes through the inside of opening (401d) for the 4th electronic incidence, the 4th secondary-electron-emission side (403d) irradiates, and multiplication is carried out, and it is arranged so that it may be emitted from opening (402d) for the 4th electronic outgoing radiation.

[0011] From the 3rd secondary-electron-emission side (403c), two or more steps of inline-type dynodes (4e-4g) stand in a row in the direction for the 3rd electronic outgoing radiation of opening (402c), and are arranged in it, the electron emitted from the 4th secondary-electron-emission side (403d) is irradiated, and they are arranged so that multiplication may be carried out.

[0012] The anode electrode (5) is arranged so that the electrons by which multiplication was carried out by the inline-type dynode (4E-4G) may be collected.

[0013]

[Function] according to the photomultiplier tube of this invention, by boiling and carrying out incidence of the emitted electron to a pre-stage from the photoelectric surface first, multiplication of this electron is carried out, incidence of the electron emitted from the pre-stage is carried out to a connection stage

dynode, and it is emitted to a post-stage. Since this photo-multiplier could hold the high-speed property since [this post-stage] it consisted of inline-type dynodes, and the pre-stage is equipped with the dynode of a box mold, it can have a high interest profit property.

[0014] If it explains to a detail, photo electric conversion of the light by which incidence was carried out to the photoelectric surface will be carried out first, and the electron emitted from the photoelectric surface will be irradiated by the 1st secondary-electron-emission side of the box mold dynode of the 1st step through opening for the 1st electronic incidence which countered this photoelectric surface and has been arranged. Multiplication of the electron irradiated in respect of the 1st secondary electron emission is carried out, and it emits from opening for the 1st electronic outgoing radiation.

[0015] Next, the emitted electron is irradiated by the 2nd secondary-electron-emission side of the box mold dynode of the 2nd step through opening for the 2nd electronic incidence which counters this from the 1st secondary-electron-emission side. Multiplication of the electron irradiated in respect of the 2nd secondary electron emission is carried out, and it emits from opening for the 2nd electronic outgoing radiation.

[0016] After an appropriate time, the emitted electron is irradiated by the 3rd secondary-electron-emission side of the box mold dynode of the 3rd step (odd level eye) through opening for the 3rd electronic incidence which counters this from the 2nd secondary-electron-emission side. Multiplication of the electron irradiated in respect of the 3rd secondary electron emission is carried out, and it emits from opening for the 3rd electronic outgoing radiation.

[0017] And this electron is irradiated by the 4th secondary-electron-emission side through opening for the 4th electronic incidence of the connection stage dynode of the 4th step by which the outer wall countered the outer wall of the box mold dynode of the 1st step, and has been arranged. Multiplication of the electron irradiated in respect of the 4th secondary electron emission is carried out, and it emits from opening for the 4th electronic outgoing radiation. Here, since [the emitted electron] outgoing radiation is carried out from opening for the 4th electronic outgoing radiation which crosses by opening for the 4th electronic incidence, and the acute angle, an electron can be introduced into two or more steps of inline-type dynodes efficiently arranged by standing in a row in the direction for the 3rd electronic outgoing radiation of opening from the 3rd secondary-electron-emission side. In an inline-type dynode, the electrons by which carried out multiplication of the introduced electron and multiplication was carried out here are collected with an anode electrode.

[0018] In addition, these photoelectric surfaces and dynodes are arranged in the vacuum housing, and it is made to be given in such high potential at each dynode through the lead pin which penetrates a vacuum housing that it becomes the latter part.

[0019] Moreover, while the connection stage dynode of the 4th step collects electrons efficiently from the box mold dynode of the 3rd step For emitting to the latter inline-type dynode section efficiently, further a concrete configuration The edge by the side of the outer wall of the box mold dynode of the 1st step of opening for the 4th electronic incidence Opening for the 3rd electronic incidence of the box mold dynode of the 3rd step It is desirable to be isolated in the direction which separates from the outer wall of this box mold dynode of the 1st step from the flat surface where only $1/7$ of the maximum separation with the 3rd electronic multiplication side which counters this opening for the 3rd electronic incidence thru/or the distance of $1/5$ contain opening for the 3rd incidence. And from a viewpoint which improves the above-mentioned effectiveness, it is most desirable for this distance to be $1/6$ of the maximum separation.

[0020] Furthermore, when it has such a distance and the edge of opening for the 4th electronic incidence is being isolated, it is desirable that it is the configuration where the configuration of the 4th electronic multiplication side of the connection stage dynode of the 4th step compounded a part of periphery side and the flat surface which extends in the direction for the 3rd electronic outgoing radiation of opening from this periphery side. That is, this connection stage type dynode of the 4th step is made into the structure where the potential of a latter dynode tends to sink in. in addition, the thing for which it has further the focusing electrode which it supposes [focusing electrode] this photomultiplier tube that at least one of the 1st thru/or the openings for the 4th electronic incidence is further equipped with a

reticulated grid, or converges the electron from the photoelectric surface into opening for the 1st electronic incidence between opening for the 1st electronic incidence, and the photoelectric surface -- then, detection sensitivity is improvable while raising the gain of this photomultiplier tube.

[0021]

[Example] Hereafter, the photomultiplier tube of one example concerning this invention is explained using an accompanying drawing. In addition, it supposes that the same sign is used for the same element, and the overlapping explanation is omitted.

[0022] Drawing 1 is an expansion perspective view which both removes a side attachment wall 600 as if a part of photomultiplier tube concerning this invention is fractured and shown, and is shown.

[0023] In the glass vacuum housing 100, the post-stage which consists of dynodes 4e-4g of a pre-stage, connection stage dynode 4d which consists of dynodes 4a-4c of a box mold, and an inline type is arranged, and electron multipliers 4a-4h are constituted. And the anode electrode is arranged between these electron multipliers [4e-4h] last dynode 4h and dynode 4g. The photoelectric surface 120 is formed in upper limit side 100a of a vacuum housing 100, and this photoelectric surface 120 and opening for electronic incidence of dynode 4a of the 1st step counter, and are arranged. Aluminum coating 110 is carried out and the side attachment wall of the inside of a vacuum housing can collect efficiently the electrons which photo electric conversion was carried out and were generated from upper limit side 100a in the light and the photoelectric surface 120 which carry out incidence by giving predetermined potential to this aluminum coating 110.

[0024] In the vacuum housing 100, it has the circular focusing electrode 300 with which the wall of this vacuum housing 100, and leg 300a and b which were projected from that peripheral face contacted, and were held. The focusing electrode 300 has rectangle-like opening in the center section, and can introduce the electron emitted by the incidence of light from the photoelectric surface 120 in the dynode 4 of the 1st step through opening 41a for the 1st electronic incidence.

[0025] Electron multipliers 4a-4h are held with side attachment walls 600 and 610. In addition, since a side attachment wall 600 and a side attachment wall 610 are configurations mutually [a mirror object], only a side attachment wall 600 is explained here. Two or more fixed holes 600a-600h are drilled by the side attachment wall 600, and when the stationary plate of the shape of T character connection or really fabricated at Dynodes 4a-4h or the anode electrode 5 is inserted and twisted by these holes 600a-600h, Dynodes 4a-4h and the anode electrode 5 are being fixed to it. For example, since stationary-plate 42c of the shape of T character prolonged from dynode 4c of the 3rd step stops escaping from fixed hole 600a by being inserted in fixed hole 600a and twisting the part of the head of T characters, it can fix dynode 4c of the 3rd step to this side attachment wall 600.

[0026] In addition, it connects with lead pin 200c, and stationary-plate 42c of the shape of T character prolonged from this dynode 4c of the 3rd step can supply desired potential to dynode 4c of the 3rd step through this lead pin 200c. In addition, like [other Dynodes 4a-4h or anodes 5] dynode 4c of the 3rd step, while being fixed to side attachment walls 600 and 610b, it has considered as the configuration to which desired potential is given like dynode 4c of the 3rd step.

[0027] Cobweb-like (shape of mesh) acceleration grid 40a is being fixed to the opening end face of opening 41a for electronic incidence of box mold dynode 4a of the 1st step so that this opening 41a may be covered. Moreover, similarly, the honeycomb-like (shape of mesh) acceleration grids 40b, 40c, and 40d are being fixed to the opening end face of opening for electronic incidence of the 2-4th steps of the dynodes 4b-4d, respectively so that this opening 41a may be covered.

[0028] Drawing 2 is drawing of longitudinal section cut along with the tube axis of the photomultiplier tube shown in drawing 1 . In addition, in this drawing, only main configurations, such as the photoelectric surface, a dynode, and an anode, are illustrated. Within between photoelectron multiplication, box mold dynode 4a of the 1st step, box mold dynode 4b of the 2nd step, box mold dynode 4c of the 3rd step, and connection stage dynode 4d of the 4th step are arranged so that clearly from this drawing. Moreover, in the latter part of step [4th] connection stage dynode 4d, inline-type dynode 4e of the 5th step, inline-type dynode 4f of the 6th step, inline-type dynode 4g of the 7th step, and dynode 4h of the 8th step are arranged.

[0029] Box mold dynode 4a of the 1st step has opening 401a for the 1st electronic incidence which counters the photoelectric surface 120, and opening 402a for the 1st electronic outgoing radiation perpendicular to this opening 401a for the 1st electronic incidence. It is installed in opening 401 for 1st electronic incidence a so that cobweb-like (shape of mesh) acceleration GURITSU 40a may cover this opening 401a for the 1st electronic incidence. Moreover, in the wall of box mold dynode 4a of the 1st step, it has 1st secondary-electron-emission side 403a by which secondary-electron-emission ingredients, such as alkali-antimony, beryllium oxide, a magnesium oxide, gallium phosphorus, and GaAsP, were vapor-deposited.

[0030] And it passed through the inside of opening 401a for the 1st electronic incidence, the electron emitted from the photoelectric surface 120 was irradiated by 1st secondary-electron-emission side 403a, multiplication was carried out to it, and box mold dynode 4a of the 1st step is accomplished so that it may be emitted from opening 402 for 1st electronic outgoing radiation a.

[0031] Box mold dynode 4b of the 2nd step has opening 401b for the 2nd electronic incidence which counters 1st secondary-electron-emission side 403a, and opening 402b for the 2nd electronic outgoing radiation perpendicular to this opening 401b for the 2nd electronic incidence. It is installed in opening 401 for 2nd electronic incidence b so that honeycomb-like (shape of mesh) acceleration GURITSU 40b may cover this opening 401b for the 2nd electronic incidence. Moreover, in the wall of box mold dynode 4b of the 2nd step, it has 2nd secondary-electron-emission side 403b by which the same secondary-electron-emission ingredient as the above was vapor-deposited.

[0032] And it passed through the inside of opening 401b for the 2nd electronic incidence, the electron emitted from 1st secondary-electron-emission side 403a was irradiated by 2nd secondary-electron-emission side 403b, multiplication was carried out to it, and box mold dynode 4b of the 2nd step is accomplished so that it may be emitted from opening 402 for 2nd electronic outgoing radiation b.

[0033] Box mold dynode 4c of the 3rd step has opening 401c for the 3rd electronic incidence which counters 2nd secondary-electron-emission side 403b, and opening 402c for the 3rd electronic outgoing radiation perpendicular to this opening 401c for the 3rd electronic incidence. It is installed in opening 401 for 3rd electronic incidence c so that honeycomb-like (shape of mesh) acceleration GURITSU 40c may cover this opening 401c for the 3rd electronic incidence. Moreover, in the wall of box mold dynode 4c of the 2nd step, it has 3rd secondary-electron-emission side 403c by which the same secondary-electron-emission ingredient as the above was vapor-deposited.

[0034] And it passed through the inside of opening 401c for the 3rd electronic incidence, the electron emitted from 2nd secondary-electron-emission side 403b was irradiated by 3rd secondary-electron-emission side 403c, multiplication was carried out to it, and box mold dynode 4c of the 3rd step is accomplished so that it may be emitted from opening 402 for 2nd electronic outgoing radiation c.

[0035] Connection stage dynode 4d of the 4th step, this 4d outer wall counters the outer wall of box mold dynode 4a of the 1st step, and is arranged. And it has 401d of openings for the 4th electronic incidence which counter 3rd secondary-electron-emission side 403c, and 402d of openings for the 4th electronic outgoing radiation which cross by this 401d of openings for the 4th electronic incidence and acute angle connection stage dynode 4d of the 4th step. Moreover, in the wall of step [4th] connection stage dynode 4d, it has 403d of 4th secondary-electron-emission side, and the electron emitted from 3rd secondary-electron-emission side 403c passed through the inside of 401d of openings for the 4th electronic incidence, 403d of 4th secondary-electron-emission side irradiated, and it has accomplished [multiplication is carried out, and] so that it may be emitted from 402d of openings for the 4th outgoing radiation. It is installed in 401d of openings for the 4th electronic incidence so that honeycomb-like (shape of mesh) acceleration GURITSU 40d may cover 401d of this opening for the 4th electronic incidence.

[0036] Furthermore, Post-stages 4e-4h are constituted by two or more steps of dynodes' 4e-4h standing in a row in the direction for the 3rd electronic outgoing radiation of opening 402c, and arranging them in it from 3rd secondary-electron-emission side 403c. And the electron emitted from 403d of 4th secondary-electron-emission side was irradiated, and inline-type dynode 4e is accomplished so that multiplication may be carried out. Moreover, between inline-type dynode 4g and dynode 4h, the anode

electrode 5 which collects these electrons by which multiplication was carried out is installed.

Arrangement of these dynodes is explained in more detail using drawing 3 .

[0037] Drawing 3 is an expanded sectional view for explaining the configuration of the dynode of the photomultiplier tube and arrangement which were shown in drawing 2 . In addition, since it is easy, side-attachment-wall 4 a-h of each dynode has been omitted. the electron emitted from the photoelectric surface 120 comes out, and multiplication is carried out, and it carries out incidence of box mold dynode 4a of the 1st step, and the box mold dynode 4b of the 2nd step to box mold dynode 4c of the 3rd step. 20, 21, and 22 in this drawing show the electronic orbit.

[0038] And connection stage dynode 4d of the 4th step The edge by the side of the outer wall of box mold dynode 4a of the 1st step of 401d of openings for the 4th electronic incidence In the direction which separates from the outer wall of this box mold dynode 4a of the 1st step It is isolated from the flat surface where only 1/7 of the maximum separation of opening 401c for the 3rd incidence of box mold dynode 4c of the 3rd step and 3rd electronic multiplication side 403c which counters this opening 401c for the 3rd electronic incidence thru/or the distance of 1/5 contain opening 401c for the 3rd electronic incidence. As for this distance, from a viewpoint which collects electrons efficiently, it is desirable that it is 1/6 of the maximum separation with 3rd electronic multiplication side 403c.

[0039] Moreover, the configuration of the 403d of the 4th electronic multiplication sides of step [4th] connection stage dynode 4d is a configuration which compounded 408d of a part of periphery sides (the flat surface which extends from about 1 / periphery side of : of 4 yen 60 degrees, and this periphery side is included), and flat-surface 409c prolonged from 408d of this periphery side in the direction for the 3rd electronic outgoing radiation of opening 402c.

[0040] And electrons can be collected with the anode electrode 5 final very efficiently by considering as the above configurations. In addition, the configuration of these dynodes and arrangement are shown in drawing 4 . This drawing is a sectional view having shown the more detailed arrangement of a dynode shown in drawing 3 , and the unit of the scale in this drawing is (mm). In addition, drawing 4 omits and shows each dynodes [4a-4h] secondary-electron-emission side 403 a-h.

[0041] Considerable trial was needed in order to produce the photomultiplier tube which has this configuration and the dynode of arrangement. That is, in producing the photo-multiplier which has the configuration of this dynode, and arrangement, artificers produced the photo-multiplier of a configuration as the dynode of a box mold and the dynode of an inline type show to drawing 5 first.

[0042] Drawing 5 is the sectional view of the dynode part of such the photomultiplier tube. In addition, each dynodes [4a-4h] secondary-electron-emission side 403 a-h is omitted, and drawing 5 and the following drawing 6 have shown. Since connection stage dynode 4d of the 4th step has turned at the electron emitted from box mold dynode 4c of the 3rd step greatly like illustration of the wall, in order that an electron may begin movement aiming at the core of the curvature of step [4th] connection stage dynode 4d, it comes to carry out incidence of it to the upper limit section of inline-type dynode 4e of the 5th step. Effectiveness is bad and incidence of the electron generated from the upper limit section of inline-type dynode 4e of the 5th step is seldom carried out to inline-type dynode 4f of the 6th step. That is, the electron orbit 12 has escaped from inline-type dynode 4f of the 6th step. In such arrangement, an electron orbit 12 poses a problem. Then, it considered as the configuration which compounded the flat surface which extends the configuration of the 403d of the 4th electronic multiplication sides of step [4th] connection stage dynode 4d in the direction for the 3rd electronic outgoing radiation of opening from the part and this periphery side of ***** as shown in drawing 3 and drawing 4 like drawing 6 . By considering as such a configuration, the electron which the potential of step [6th] inline-type dynode 4f will sink into the interior of step [4th] connection stage dynode 4d, and is shown in an electron orbit 16 from connection stage dynode 4d of the 4th step can be drawn near to inline-type dynode 4f of the 6th step, and came to carry out incidence to the efficient part of inline-type dynode 4e of the 5th step. Thus, although incidence of the electron shown in an electron orbit 17 comes to be carried out to inline-type dynode 4f of the 6th step, the part will carry out incidence of the electron from box mold dynode 4c of the 3rd step shown in an electron orbit 15 to the tooth back of step [6th] inline-type dynode 4f, without passing along connection stage dynode 4d of the 4th step.

[0043] Then, by arranging connection stage dynode 4d of the 4th step, as shown in drawing 3 -4, with the configuration of this drawing 6 held ***** and by shifting caudad 1.5mm, an electron came to carry out incidence to connection stage dynode 4d of the 4th step efficiently, and the exposure effectiveness of the electron from connection stage dynode 4d to inline-type dynode 4e of the 5th step of the 4th step improved to 66%. And in the photomultiplier tube indicated to drawing 3 and 4, as compared with the conventional photomultiplier tube shown in JP,59-108254,A, gain improved to 20 or more times, and the rise time was shortened at 4.8ns.

[0044] Moreover, it is after by considering as such structure. Even if it made it the problem of pulse, the return of the ion from last stage dynode 4h was restricted, and it was able to be halved as compared with the photomultiplier tube of drawing 7 .

[0045]

[Effect of the Invention] According to this invention the above passage, it can shorten a tube length, this photomultiplier tube holding a high speed and a high interest profit property, since the rise time is shortened at 4.8ns while gain improves to 20 or more times as compared with the conventional photomultiplier tube shown in JP,59-108254,A. Therefore, the number of the required dynodes can be reduced from ten steps to eight steps with the conventional photomultiplier tube, and the photomultiplier tube can be miniaturized.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the expansion perspective view which both removes a side attachment wall 600 as if a part of photomultiplier tube concerning this invention is fractured and shown, and is shown.

[Drawing 2] It is drawing of longitudinal section of the photomultiplier tube shown in drawing 1 .

[Drawing 3] It is an expanded sectional view for explaining the configuration of the dynode of the photomultiplier tube and arrangement which were shown in drawing 2 .

[Drawing 4] It is the sectional view having shown the more detailed arrangement of a dynode shown in drawing 3 . In addition, the unit of the scale in this drawing is (mm).

[Drawing 5] It is the sectional view of the dynode of the photomultiplier tube concerning this invention.

[Drawing 6] It is the sectional view of the dynode of the photomultiplier tube concerning this invention.

[Drawing 7] It is a sectional view for explaining the conventional inline-type dynode.

[Description of Notations]

4a-4h [-- A mesh grid, 300 / -- A focusing electrode, 100 / -- A vacuum housing, 200a-200e / -- Lead pin.] -- A dynode, 5 -- An anode electrode, 120 -- The photoelectric surface, 40a-40d

[Translation done.]

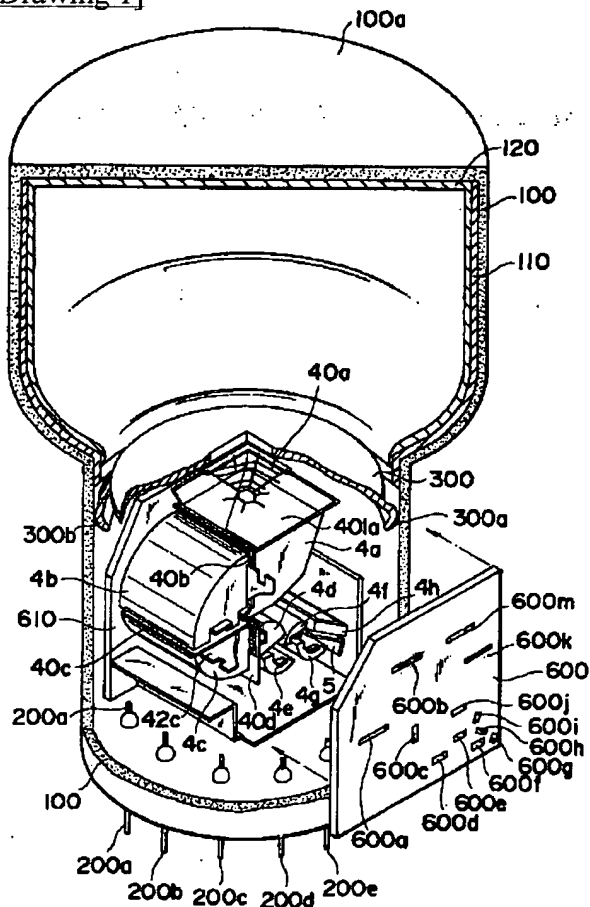
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

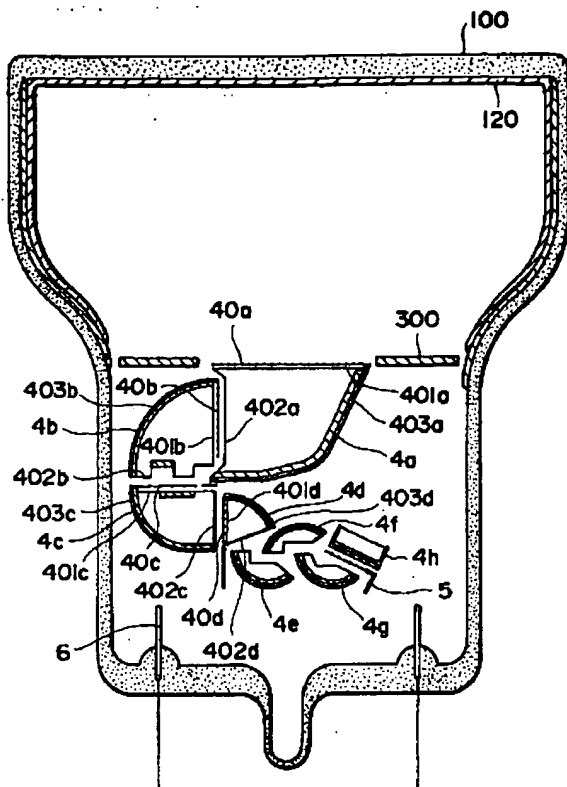
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

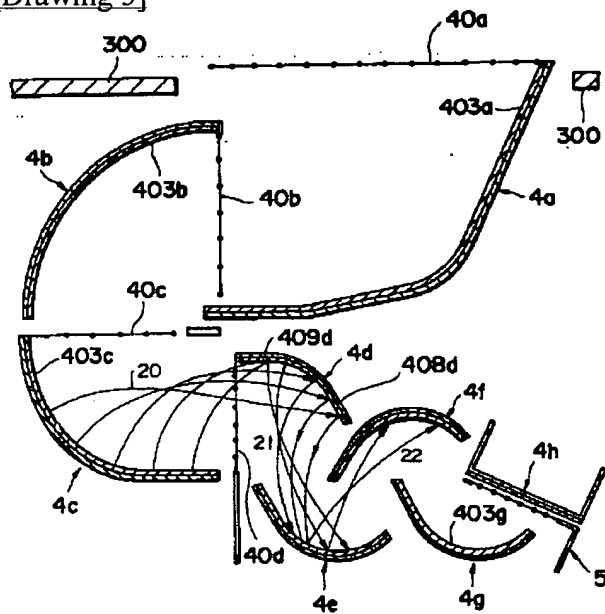
[Drawing 1]



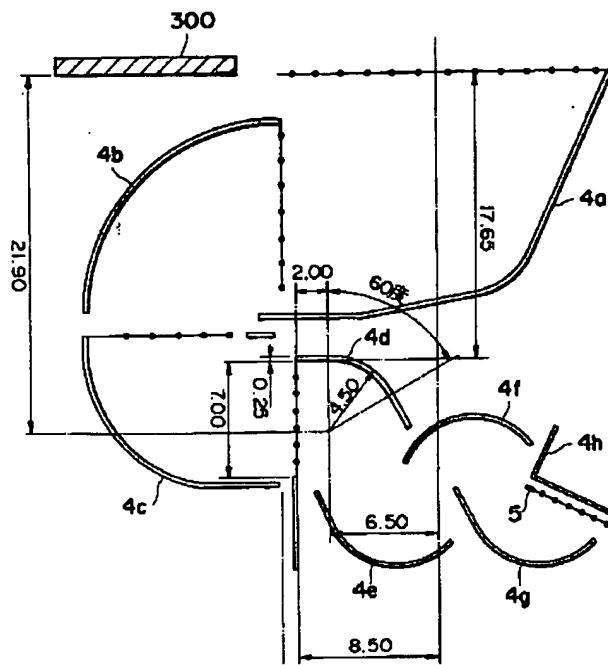
[Drawing 2]



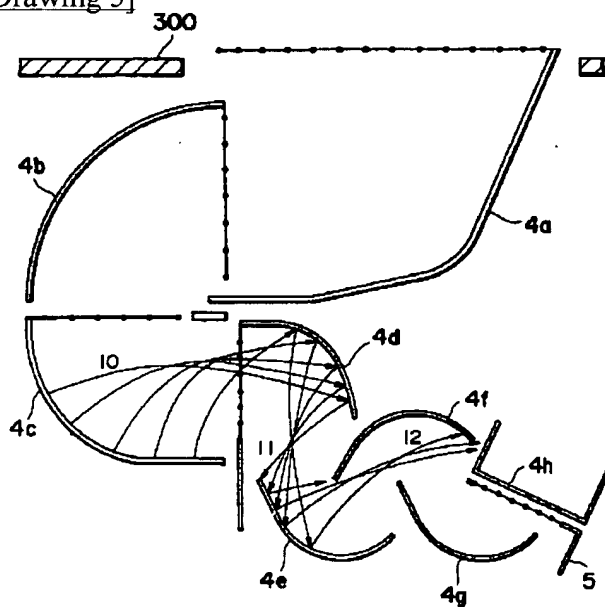
[Drawing 3]



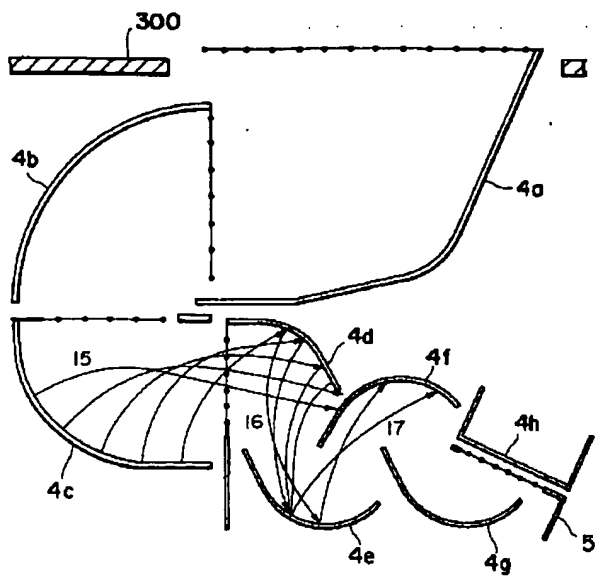
[Drawing 4]



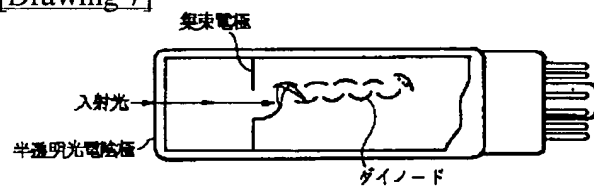
[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Translation done.]